

③

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-091714

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

G06K 7/00  
G06K 7/10

(21)Application number : 09-198933

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 24.07.1997

(72)Inventor : BOIE ROBERT ALBERT  
TURIN WILLIAM

(30)Priority

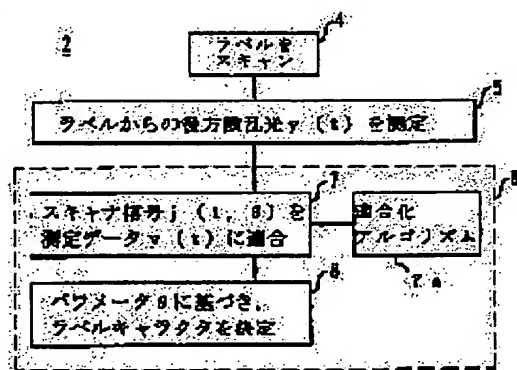
Priority number : 96 687124 Priority date : 24.07.1996 Priority country : US

## (54) METHOD FOR DECIDING CHARACTER INFORMATION FROM SIGNAL AND SYSTEM FOR READING BAR CODE LABEL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the inter-code interference independent of the S/N and also to reduce other types of blurs by adapting a scanned signal model to the measured or detected data signal by means of the deterministic expected value maximization algorithm and then decoding the data.

SOLUTION: A label is scanned by a proper scanner (4), and the back scattered light  $y(t)$  sent from the label is measured by a photodetector which produces the electric signals based on the intensity of the measured light (5). Then the characteristic information included in the measurement data signal  $y(t)$  is decoded and decided (6). At the same time, a scanned signal model  $j(t, \theta)$  is adapted to the measurement data signal  $y(t)$  by means of the deterministic expected value maximization algorithm (7). Then the encoded label data are translated from the scanned signal model  $j(t, \theta)$  and the measurement data signal  $y(t)$  is decoded (8).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.04.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.08.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-91714

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 6 K 7/00

識別記号

7/10

F I

G 0 6 K 7/00

7/10

E

K

R

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-198933

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月24日

(31) 優先権主張番号 6 8 7 1 2 4

(32) 優先日 1996年7月24日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ  
レイテッドLucent Technologies  
Inc.アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ  
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー  
600-700

(72) 発明者 ロバート アルバート ポーイエ

アメリカ合衆国, 07090 ニュージャージ  
ー、ウェストフィールド、リンデン アヴ  
ェニュー 200

(74) 代理人 弁理士 三俣 弘文

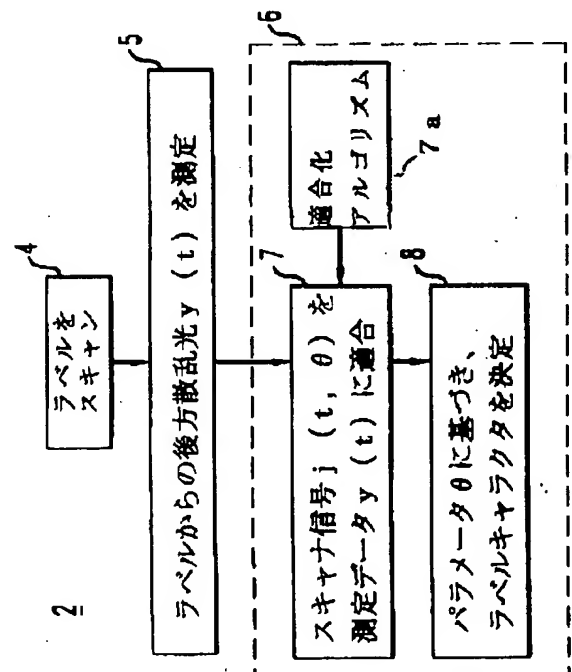
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号からキャラクタ情報を決定するための方法およびバーコードラベルを読み取るためのシステム

(57) 【要約】

【課題】 歪みを改善したバーコードデータまたは他の符号データ（スキャンされたイメージデータおよび光文字認識データ）を読み取るためのシステムおよび方法を提供する。

【解決手段】 本発明は、歪んだデータ、たとえばバーコードラベルまたは他の符号データを、確定期待値最大化 (DEM) アルゴリズムを使用して、測定データ信号  $y(t)$  に適合させることにより、読み取り、復号化する方法及びシステムである。DEMアルゴリズムは、測定データ信号  $y(t)$  に適合されるようにスキャン信号モデル  $j(t, \theta)$  を定義する複数のパラメータ  $\theta$  の値を決定することを可能にする。これらの値に基づいて、データエレメントまたはイメージデータ内に符号化された符号のような特徴情報が、通常の信号処理技術を使用して生成される。DEMアルゴリズムの使用は、好都合に、符号間干渉の影響を低減することにより、信号からぼけを除く。他の一実施形態では、DEMアルゴリズムは、通常の零交差復号化技術により補足される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 歪みを含む可能性がある複数の入力データを表す測定データ信号 $y(t)$ を提供するステップ(5)と、

複数のパラメータ $\theta$ を有するスキャン信号モデル $j(t, \theta)$ を、前記パラメータ $\theta$ のうちの少なくとも1つの値を調節することにより、前記測定データ信号 $y(t)$ に適合させるステップ(7)と、

前記スキャン信号モデル $j(t, \theta)$ が測定データ信号 $y(t)$ に適合されたときの前記パラメータ $\theta$ の値に基づいて、前記スキャン信号モデル $j(t, \theta)$ から符号情報を決定するステップ(8)とを有し、

前記スキャン信号モデル $j(t, \theta)$ が、前記複数のパラメータ $\theta$ に対して非線形の関係性を有する可能性があり、

\*前記適合されるステップは、前記複数のパラメータ $\theta$ のうちの少なくとも1つの値を決定するために、DEMアルゴリズムを使用するステップを含むことを特徴とする信号からキャラクタ情報を決定するための方法。

【請求項2】 前記DEMアルゴリズムは、 $p=0, 1, \dots$ に対して、

【数13】

$$\theta_{p+1} = \arg \max Q(\theta, \theta_p)$$

であり、 $Q(\theta, \theta_p)$ は、前記パラメータ $\theta$ の補助関数であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】 前記適合させるステップは、前記測定データ信号 $y(t)$ から入力信号 $s(x)$ を得るために、前記DEMアルゴリズムを使用し、

【数17】

$$Q(\theta, \theta_p) = \int \int \log \{ \phi(t-x, \sigma) s(x) \} w(t, x, \theta_p) dt dx$$

であり、 $w(t, x, \theta_p) = \Phi(t-x, \sigma) S_p(x) y(t) / j(t, \theta_p)$ であり、 $\Phi(t, \sigma)$ は、

【数4】

$$\phi(t, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$$

20 ※の形を有する後方散乱光のガウスインパルス応答であ

り、 $\sigma$ は、点分布値であることを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項4】 前記適合させるステップは、前記測定データ信号 $y(t)$ から

【数5】

$$s(x, \lambda) = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^n a_k p_T(x - t_k), \quad t_k = t_l + (k-1)T$$

で定義される入力信号 $s(x, \lambda)$ を得るために、前記DEMアルゴリズムを使用し、

前記入力信号 $s(x, \lambda)$ は、前記DEMアルゴリズムにより解かれる複数のパラメータを有し、

前記複数のパラメータは、

【数22】

$$a_{k,p+1} = a_{k,p} v_{k,p}$$

$$\sigma_{p+1}^2 = \sum_{k=1}^n a_{k,p+1} \sigma_{k,p+1}^2$$

$$t_{l,p+1} = (MB_p - M_{l,p} A_p) / (B_p - A_p^2)$$

$$T_{p+1} = (M_{l,p} - A_p M) / (B_p - A_p^2)$$

30 で定義され、ここで、

【数23】

3

4

$$A_p = \sum_{k=2}^n (k-1)a_{k,p+1}, B_p = \sum_{k=2}^n (k-1)a_{k,p+1},$$

$$M = \int_{-\infty}^{\infty} t y(t) dt, M_{1,p} = \sum_{k=2}^n (k-1)a_{k,p+1} t_{k,p+1}$$

$$v_{i,p} = \int_{-\infty}^{\infty} y(x) \phi(x - t_{i,p}, \sigma_{i,p}) / j(x; \theta_p) dx,$$

$$\sigma_{i,p+1}^2 = \frac{1}{v_{i,p}} \int_{-\infty}^{\infty} (x - t_{p,i})^2 y(x) \phi(x - t_{i,p}, \sigma_{i,p}) / j(x; \theta_p) dx$$

であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項5】 前記適合させるステップは、

【数10】

$$K(y \| j_\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) \log \frac{y(t)}{j(t, \theta)} dt$$

で定義されるカルバック-ライブラーダイバージェンスを最小にするステップを含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項6】 前記適合させるステップは、

【数11】

$$L(y \| j_\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) \log j(t, \theta) dt$$

で定義される平均対数尤度関数を最大にするステップを含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項7】 前記適合させるステップは、前記複数のパラメータ $\theta$ のうちの少なくとも1つに対する初期値を決定するために、前記測定データ信号 $y(t)$ の零交差を使用するステップをさらに含み、前記初期パラメータ値は、前記パラメータ値に対する初期推定値として、前記DEMアルゴリズムにより使用可能であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項8】 前記決定するステップは、

前記測定データ信号 $y(t)$ に適合されたときに、前記スキャン信号モデル $j(t, \theta)$ に対応するパルス列を生成するステップと、

前記パルス列に基づいて、前記キャラクタ情報を識別するステップとをさらに含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項9】 前記スキャン信号モデルは、

【数3】

$$j(t, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \phi(t - x, \sigma) s(x, \lambda) dx$$

として定義され、ここで $s(x, \lambda)$ は、前記測定データ信号 $y(t)$ から得ることができる入力信号であり、

$\theta = \{\sigma, \lambda\}$ は、前記測定データ信号 $y(t)$ から復元しうるパラメータベクトルであり、 $\Phi(t, \sigma)$ は、

【数4】

$$\phi(t, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$$

の形を有する後方散乱光のガウスインパルス応答であり、ここで $\sigma$ は、点分布値であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項10】 前記スキャン信号モデルは、

【数6】

$$j(t, \theta) = \sum_{k=1}^n a_k u(t - t_k, T, \sigma)$$

として定義され、ここで、

【数7】

$$u(t, T, \sigma) = \frac{1}{T} \int_{-0.5T}^{0.5T} \phi(t - x, \sigma) dx$$

であり、 $\Phi(t, \sigma)$ は、

【数4】

$$\phi(t, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$$

の形を有する後方散乱光のガウスインパルス応答であり、ここで $\sigma$ は、点分布値であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項11】 符号化されている少なくとも1つのデータキャラクタを有するバーコードラベルを読み取るためのシステムにおいて、

前記バーコードラベルからのこれに対応する後方散乱光を集めるための光検出器(22)と、

前記光検出器と結びついて動作可能であり、前記後方散乱光を時間変化する測定データ信号 $y(t)$ に変換し、

DEMアルゴリズムを使用して、複数のパラメータ $\theta$ を有するスキャン信号モデル $j(t, \theta)$ を前記測定データ信号 $y(t)$ に適合させ、前記スキャン信号モデル $j$

5

( $t, \theta$ ) が前記測定データ信号  $y(t)$  に適合させられたときの前記パラメータ  $\theta$  の値に基づいて、前記スキャン信号モデル  $j(t, \theta)$  から前記バーコードラベルに符号化された前記データキャラクタを決定するための受信器 (24) とを含むことを特徴とするシステム。

【請求項 12】 前記受信器は、前記測定データ信号  $y(t)$  から入力信号  $s(x)$  を得るために、前記 DEM アルゴリズムを使用し、

$$Q(\theta, \theta_p) = \int \int \log \{ \phi(t-x, \sigma) s(x) \} w(t, x, \theta_p) dt dx$$

であり、 $w(t, x, \theta_p) = \Phi(t-x, \sigma) S_p(x) y(t) / j(t, \theta_p)$  であり、 $\Phi(t, \sigma)$  は、

【数 4】

$$\Phi(t, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$$

の形を有する後方散乱光のガウスインパルス応答であり、 $\sigma$  は、点分布値である

【請求項 13】 前記受信器は、前記複数のパラメータ  $\theta$  のうちの 1 つの初期値を決定するために、前記時間変化する測定データ信号  $y(t)$  の零交差を使用し、前記初期パラメータ値は、前記 DEM アルゴリズムにより、前記パラメータ値の初期推定値として使用可能であることを特徴とする請求項 11 記載のシステム。

【請求項 14】 少なくとも 1 つのデータキャラクタをパルス列に基づいて識別するために、前記スキャン信号モデル  $j(t, \theta)$  に対応するパルス列を生成することを特徴とする請求項 11 記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、歪んだイメージおよび記号データを処理するための方法およびシステムに関する。特に、本発明は、表示信号からバーコード記号および他の記号データを読み出し、復号化し、復元するための方法およびシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】 記号データの使用は、我々の社会においてますます普及しつつある。たとえば、統一商品コード (UPC) として知られている特定のバーコーディング構成が、食料品店、食品加工および他の小売業に対する工業規格として確立されてきた。

【0003】 一般に、バーコードラベルは、垂直に整列された交互の 2 色のストライプ、典型的には、光を吸収する通常は黒の印刷された「バー」および光を散乱させる (拡散反射する) 「白」のスペースを使用する。ラベルデータは、交互のバーおよびスペースの相対的幅で符号化される。このような相対幅符号化は、ラベル読み取

6

\* 前記 DEM アルゴリズムは、 $p = 0, 1, \dots$  に対して、

【数 13】

$$\theta_{p+1} = \arg \max Q(\theta, \theta_p)$$

で定義され、ここで、

【数 17】

りが、ラベルサイズ、読み取り距離およびある程度ラベルの向きのような幾何学的な影響に比較的敏感でないことを可能にする。

【0004】 ラベル読み取りシステムは、典型的に、光学スキャナ、光検出器および関連する信号処理 (たとえば、復号化) ハードウェアおよび/またはソフトウェアを含む。レーザまたは他の適切な光源をしばしば含むスキャナは、バーコードラベルを横切って動かされる所定の距離において所定のサイズを有する光の輝点を投影するために、(たとえば、レンズまたはレンズ系により、) 光学的に修正される。光源とほぼ同軸に位置された光検出器は、ラベルから後方散乱された光の時間変化する強度を測定し、対応する時間変化する電気信号電流に変換する。

【0005】 そして、システムの信号処理は、アナログ波形の時間変化する電気信号をパルス幅変調デジタル信号に変換する。デジタル信号は、バーコードの交互のストライプの幅を記述する 2 値表現データ、すなわち番号のシーケンスに変換される。ラベルデータは、多数の通常の復号化技術のうちのいずれか 1 つを使用して、これから翻訳される。

【0006】 符号化されたラベルを読み取る総合的能力は、バーのサイズに対する投射された光スポットの寸法に依存する。また、バーに対する投射されたスポットの強さは、実質的な雑音源が存在するので、読み取るシステムの能力に影響を与える。レーザのパワーは、目の安全への配慮により制限され、利用可能な信号強度の上限がある。また、ラベルがうまく読み取られる視野のサイズの制限がある。

【0007】 また、投射された光スポットの有限サイズは、対応するぼけをバーコードイメージにもたらす。このようなぼけは、符号間干渉 (渦巻き干渉とも呼ばれる) を含み、これは関係するバーの隣接するバーからの光後方散乱の影響である。典型的に線形フィルタリングおよび/またはキャラクタ検出に基づく通常の読み取り方法は、ぼけがバーのサイズに対して小さい場合、バーコードデータの読み取りにおいてうまく働く。このような場合、読み取り性能は、主に、信号対雑音比により

制限される。ラベルが焦点からさらに移動するとき、相対的なぼけは増加するので、読み取りエラーが、信号対雑音比に無関係に生じる。したがって、これらの場合、検出される信号を増加させることは、そのような読み取りエラーを必ずしも減少させない。

【0008】通常の読み取り方法は、符号間干渉により起こるぼけがラベルバーのサイズに比べて小さい場合に有効に限定される。ぼけがもっと目立つ場合、通常の読み取り方法は、符号間干渉ぼけが有するシステムの総合的な読み取り精度へのインパクトを増大させる原因となる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上述した決定的な歪みを改良するバーコードデータまたは他の符号データ（たとえば、スキャンされたイメージデータおよび光文字認識データ）のようなデータを読み取るためのシステムおよび方法を利用可能にすることが望ましい。特に、信号対雑音比と無関係な符号間干渉および他のタイプのぼけを減少させるシステムおよび方法が望まれている。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、歪んだデータ、たとえばバーコードラベルデータ、ファクシミリおよび歪みを有する他のスキャンされたイメージデータを読み取り、復号化するためのシステムおよび方法に具現化される。特に、決定性期待値最大化（DEM）アルゴリズムを使用して、スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  を測定または検出されたデータ信号  $y(t)$  に適合させることにより、バーコードラベルデータのようなデータを復号化するためのシステムおよび方法に具現化される。通常の期待値最大化（EM）アルゴリズムの新規な変形であるDEMアルゴリズムは、本発明のシステムおよび方法が、測定データ信号  $y(t)$  へ適合されているときに、スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  を定義する複数のパラメータ  $\theta$  の値を決定することを可能にする。

【0011】これらの値に基づいて、イメージデータ内で符号化されたデータエレメントまたは符号のようなキャラクタ情報が、通常の信号処理技術を使用して生成される。DEMアルゴリズムは、好都合に、符号間干渉の影響を低減させることにより信号のぼけを除く。代替的な実施形態において、DEMアルゴリズムは、通常の零交差復号化技術により補足される。この方法において、零交差技術は、スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  のパラメータ  $\theta$  の決定において、DEMアルゴリズムのための初期パラメータ推定値を得るために使用される。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明は、主に特定のクラスの実施形態、すなわちバーコードリーダーおよびバーコードラベルを読み取る方法によって説明される。しかし、本発明は、当業者により理解されるように、これに限定されるものではない。

【0013】図1は、新規なデータラベル読み取り方法2を、単純化したブロック図の形式で示す。この方法の第1のステップ4は、適切なスキャナを使用してラベルをスキャンすることである。ラベルは、たとえばバーコードラベル、スキャンされたイメージデータ、または潜在的に歪みを有する他の符号データである。前述したように、ラベルのスキャンは、ラベルを横切って光の投射スポットを移動させることである。ラベルからの後方散乱光は、ラベルのバーおよびスペースのパターンを表示する。

【0014】この方法における次のステップ5は、測定光の強度に基づいて電気信号を生成する光検出器を使用して、ラベルからの後方散乱光  $y(t)$  を測定することである。後方散乱光は、スキャナからの投射光がラベルを横切って移動するときに、時間変化する。

【0015】測定データ信号  $y(t)$  がとらえられると、測定データ信号  $y(t)$  中の特性情報が、復号化ステップ6を使用して決定される。たとえば、バーコードラベルの場合、そのような決定は、測定データ信号  $y(t)$  から翻訳されたラベルデータ中で符号化された符号データを復号化することを含む。前述したように、通常の復号化ステップは、線形フィルタリングまたは測定データ信号  $y(t)$  内のデータキャラクタに基づく。

【0016】しかし、ここで説明される新規な方法は、（ステップ7で示された）スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  を測定データ信号  $y(t)$  に適合させること、および（ステップ8で示された）スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  から符号化されたラベルデータを翻訳することにより、測定データ信号  $y(t)$  を復号化する。

【0017】スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  は、典型的または理想的な測定ラベル信号に基づくモデルである。スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  は、実際の測定データ信号  $y(t)$  へのスキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  の適合の精度を変化させる複数の可変パラメータ  $\theta$  を有する。また、スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  が現実の測定データ信号  $y(t)$  に適合する精度は、たとえば適合アルゴリズム（ステップ7a）の使用に依存する。

【0018】スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  が実際の測定データ信号  $y(t)$  に適切に適合されると、復号化ステップ6の最後の部分（ステップ8）は、スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  を測定データ信号  $y(t)$  へ適合させるために使用されるパラメータ  $\theta$  の値に基づいて、ラベルデータを翻訳する。

【0019】図2～3において、データ読み取りシステム10、たとえばバーコード読み取りシステムが示されている。前述したように、図示しない光スキャナが、関係するラベル16、たとえばバーコードラベルまたは印刷された文字、符号またはグラフィック情報のような他

の符号データラベルを横切って移動する光の輝点12を投射する。光検出器22は、集光レンズ11とともに、ラベル16からの後方散乱光の時間変化する強度を測定し、これを対応する時間変化する測定または検出されたデータ信号 $y(t)$ 、たとえば電気信号電流 $i(t)$ に変換する。

【0020】そして、後に詳細に説明するように、バーコードスキナまたは受信器24が、時間変化する測定データ信号 $y(t)$ を読み取り、処理し、ラベル16を表す(図2Bにおいて26として示されている)方形パルス列を出力する。パルス列26から、データエレメントすなわちバーコードラベル中に符号化された符号が、通常の方法で決定される。光検出器22によるラベル6の読み取りの間の所定の時点において、測定データ信号 $y(t)$ は、ビームスポット12が $(a, b, 0)$ に集中され、かつビーム焦点領域がラベル16から距離 $c$ 上方にある場合、点 $(\xi, \eta)$ から反射された光の点分布関数 $h(\xi, \eta, a, b, c)$ により特徴づけられる個々の光強度の要素的寄与の和である。したがって、

【数1】

$$y(t) = \iint_A h(\xi, \eta, a, b, c) m(\xi, \eta) d\xi d\eta$$

【0021】ここで、 $a, b, c$ は時間の関数であり、 $m(\xi, \eta)$ は印刷されたソースイメージである。点分布関数 $h(\xi, \eta, a, b, c)$ は対称であると仮定され、典型的には、通常のガウス分布密度によりモデル化される。

【数2】

$$h(\xi, \eta, a, b, c) = ke^{-\frac{(\xi-a)^2 + (\eta-b)^2}{2\sigma(c)^2}}$$

【0022】ここで、 $\sigma(c)$ はビーム幅に比例し、

$(a, b)$ はビーム中心の座標である。適切なトランス\*

$$s(x, \lambda) = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^n a_k p_T(x - t_k), \quad t_k = t_l + (k-1)T$$

ここで、 $|x| \leq 0.5T$ の場合 $p_T(x) = 1$ であり、その他の場合 $p_T(x) = 0$ であるバーに対応する幅 $T$ の方形パルスである。これらの式から、測定データ信号 $y(t)$ は線形的にモデル化できることがわかる。

【0026】さらに、モデル $j(t, \theta)$ をさらに導出することにより、一般に、

【数6】

$$j(t, \theta) = \sum_{k=1}^n a_k u(t - t_k, T, \sigma)$$

を得る。ここで、

【数7】

\*レーシジョンおよびスケージングにより、かつ普遍性の損失なしに、この関数は確率密度関数であると仮定される。したがって、逆問題を解く、すなわち歪みのないイメージ $m(\xi, \eta)$ をその歪んだスキャンされたイメージ、たとえば測定データ信号 $y(t)$ から復元することが望ましい。

【0023】バーコードデータの場合、たとえばラベルを横切るビームの移動速度が一定、かつラベル16がビームスポット12に比べて十分に大きいと仮定すると、測定データ信号 $y(t)$ が次式のように受信器24によりモデル化される。

【数3】

$$j(t, \theta) = \int \phi(t - x, \sigma) s(x, \lambda) dx$$

【0024】ここで、 $s(x, \lambda)$ は、測定データ信号 $y(t)$ から得られるべき入力信号の一般形式であり、 $\theta = \{\sigma, \lambda\}$ は、測定データ信号 $y(t)$ から復元されるべきパラメータベクトルであり、 $\Phi(t, \sigma)$ は、次式の形を有する後方散乱光のガウスインパルス応答である。

【数4】

$$\phi(t, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}$$

ここで $\sigma$ は、復号化システム10における光スポット12の点分布関数の特性である点分布値である。

【0025】 $a_1, a_2, \dots, a_n$ がバーコードの2値表現であり、 $\lambda$ がたとえば $a_1, a_2, a_n, \dots$ 、 $t_1$ および $T$ を含む複数のパラメータである場合、測定データ信号 $y(t)$ から得られる一般形式の入力信号 $s(x, \lambda)$ は、次式で定義される。

【数5】

$$u(t, T, \sigma) = \frac{1}{T} \int_{-0.5T}^{0.5T} \phi(t - x, \sigma) dx$$

図2～3において概略が示されているように、スキャンされた信号モデル $j(t, \theta)$ は、光検出器22により受信されかつ受信器24により処理された検出データ信号 $y(t)$ から、ラベル16を表すパルス列26を生成するために使用される。これは、スキャンされた信号モデル $j(t, \theta)$ を検出データ信号 $y(t)$ に適合させることにより、検出データ信号 $y(t)$ の係数 $a_1, a_2, \dots, a_n$ を決定することにより達成される。

【0027】通常、スキナモデル $j(t, \theta)$ の検出データ信号 $y(t)$ への適合において、バーコード読み取りシステムの信号処理方法は、ラベル16の隣接する

11

バーからの光後方散乱により引き起こされる相対的ぼけが目立たないと仮定する。すなわち、通常ラベルバーの幅にたとえられる光の相対的分布を示すだけファクタ ( $\sigma/T$ ) が、相対的に小さいと仮定される。そのような仮定を用いることにより、

【数8】

$$\hat{j}(t_k, \theta) = u_k u(t - t_k, T, \sigma)$$

となり、かつ通常のバーコード復元が、たとえば時点  $t_k$  における  $j(t, \theta)$  をとなり、かつ通常のバーコード復元が、たとえば時点  $t_k$  における  $j(t, \theta)$  をサンプリングすることにより、または  $u(t - t_k, T, \sigma)$  とその平均値との交差を使用することにより、またはその第2微分の零交差を使用することにより行われる。

【0028】しかし、符号間干渉は、典型的には取るに足らないものではない。従来のバーコード読み取り方法およびシステムは、この影響を考慮に入れていなかった。すなわち、隣接する「バー」または「スペース」エレメントからの後方散乱光の全体的復号化の精度への寄与または影響、 $i = 1, 2, \dots$  に対する  $a_{k-i} u(t - t_{k-i}, T, \sigma)$  および  $a_{k+i} u(t - t_{k+i}, T, \sigma)$  は、従来のバーコード読み取りシステムでは考慮されなかった。また、他の干渉および雑音のソースが、測定データ信号  $y(t)$  に歪みを与える。

【0029】スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  を、このぼけおよび他の歪みにもかかわらず、測定データ信号  $y(t)$  に適合させるために、最適化の規程が必要である。本発明の一実施形態は、スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  を測定データ信号  $y(t)$  に適合させるために、決定性期待値最大化 (DEM: deterministic expectation-maximization) アルゴリズムを使用する。

【0030】DEMアルゴリズムは、実験データから静的モデルパラメータの最大尤度の推定値を見つけたすために有用な通常の反復法である決定性期待値最大化 (DEM) アルゴリズムの新規な一般化である。好都合なことに、DEMアルゴリズムは、EMアルゴリズムよりも、さらに一般的であり、かつさらなる適応性を有する。

【0031】通常のEMアルゴリズムよりもさらに一般的であるので、DEMアルゴリズムは、それらを他のモデルに適合させることにより非線形モデルのパラメータを見つけたす正の逆問題として知られているものの解を提供する。これらの問題の特別な場合は、確率密度関数のパラメータのファミリーを有する非負関数の近似、非線形方程式の解答システム、および非線形積分方程式の解答システムを含む。

【0032】正の逆問題は、歪みが次式でモデル化できる場合、たとえば、歪んだイメージデータを有するその

12

測定データ信号  $y(t)$  からのオブジェクトのパラメータファミリーからオブジェクト  $s(x, \lambda)$  を復元する方法で表される。

【数9】

$$j(t, \theta) = \int_A s(x, \lambda) h(x, t, \mu) dx$$

ここで、 $h(x, t, \mu)$  は点分布関数であり、 $x$  は  $n$  次元ベクトルであり、 $t$  は  $m$  次元ベクトルであり、パラメータ  $\theta = (\lambda, \mu)$  も多次元ベクトルである。特に、 $x$  および  $t$  が2次元ベクトル ( $x, t \in \mathbb{R}^2$ ) である場合、データ読み取り適用例において、スキャンされた信号モデルまたはイメージ歪みモデルと呼ばれるモデル  $j(t, \theta)$  が、平面的オブジェクト  $s(x, \lambda)$  の歪んだイメージとして翻訳される。

【0033】パラメータ  $\theta$  が既知である場合、 $s(x, \lambda)$  を前述の積分方程式の解として見つけたことができる。しかし、実際にはほとんどの場合、パラメータ  $\theta$  は知られていない。したがって、解は、歪んだイメージデータを有する測定データ信号  $y(t)$  とその付随するモデル  $j(t, \theta)$  との間のダイバージェンスを最小化すること、たとえば次式の測定データ信号  $y(t)$  とそのモデル  $j(t, \theta)$  との間のカルバック-ライブラーダイバージェンス (Kullback-Leibler divergence) を最小化することにより得られる。

【数10】

$$K(y \| j_\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) \log \frac{y(t)}{j(t, \theta)} dt$$

カルバック-ライブラーダイバージェンスは、数学分野においてよく知られており、たとえば、S. Kullback, Information Theory and Statistics, John Wiley & Sons, New York, 1959に説明されている。

【0034】普遍性の損失なしに、 $y(t)$  および  $j(t, \theta)$  は、確率密度関数であると仮定される。 $y(t)$  が0に依存しないので、 $K(y \| j_\theta)$  の最小化は、平均対数尤度関数の最大化と等価である。

【数11】

$$L(y \| j_\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) \log j(t, \theta) dt$$

【0035】逆問題の解は、

【数12】

$$\hat{\theta} = \arg \max L(y \| j_\theta)$$

により決定される。この方程式は典型的には直接的に解くことが困難であるが、DEMアルゴリズムは、関数の最大値を繰り返し見つけたすために有用である。より具体的には、DEMアルゴリズムは、分解形式  $L(\theta) = Q(\theta, \theta_p) - H(\theta, \theta_p)$  での表現  $L(\theta)$  に基づく。ここで、 $Q(\theta, \theta_p)$  および  $H(\theta, \theta_p)$  は、観



13

察されたデータ  $y$  の補助関数である。

【0036】  $\theta_{p+1}$  を  $Q(\theta_{p+1}, \theta_p) > Q(\theta, \theta_p)$  かつ  $H(\theta_{p+1}, \theta_p) \leq H(\theta, \theta_p)$  となるように見つけだすことができる場合、 $L(\theta_{p+1}) > L(\theta_p)$  である。この方法において、 $L(\theta)$  を単調増加させるシーケンス  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$  が作り出される。このシーケンスは、関数及びその定義された領域が、当業者に知られており、たとえば、本、W. I. Zangwill, Nonlinear Programming: A Unified Approach, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1969, pp. 91-92において見いだされる非常に緩やかな正則条件を満足する場合、 $L(\theta)$  の最大値に収束する。

【0037】  $H(\theta_p, \theta_p)$  が  $H(\theta, \theta_p)$  の包括的な最大値である場合、 $Q(\theta, \theta_p)$  が増加する場合にのみ  $L(\theta)$  は増加する。したがって、DEMアルゴリズム：

【数13】

$$Q(\theta, \theta_p) = \int \int_{s,x} \log\{q(z, \theta)\} p(z, \theta_p) y(x) ds$$

$$H(\theta, \theta_p) = \int \int_{s,x} \log\{p(z, \theta)\} p(z, \theta_p) y(x) ds$$

【0040】  $H(\theta, \theta_p)$  は、 $\theta = \theta_p$  においてその包括的最大値に達し、DEMアルゴリズムは、 $L(y \parallel j, \theta)$  の最大値を繰り返し見つけだすために適用される。この代わりに、 $L(\theta)$  の最大値は、 $-L(\theta)$  の最小値であるので、DEMアルゴリズムは、最小値を見つけるために有用である。したがって、DEMアルゴリズムは、最大値ではなく最小値が求められる適用例に適用可能である。

【0041】 従来のEMアルゴリズムは、DEMアルゴリズムの1つの具体的な適用例である。具体的には、ランダムな情報  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 、確率密度関数  $j$

$(t, \theta)$  を有する  $m$  次元変数  $x$  がある場合、EMアルゴリズムは、 $y(t)$  が次式のように定義されるとき、※

$$Q(\theta, \theta_p) = \int \int \log\{\phi(t-x, \sigma) s_p(x)\} w(t, x, \theta_p) dt dx$$

ここで、

【数18】

$$w(t, x, \theta_p) = \phi(t-x, \sigma) s_p(x) y(t) / j(t, \theta_p)$$

【0043】 点分布値  $\sigma$  が既知である場合、スキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  は  $s(x)$  の線形関数である★

$$s_{p+1}(x) = \int w(t, x, \theta_p) dt = s_p(x) \int r(t, \theta_p) \phi(t-x, \sigma) dt$$

【0044】 ここで、 $r(t, \theta) = y(t) / j$

\*

$$\theta_{p+1} = \arg \max Q(\theta, \theta_p)$$

は、 $L(\theta)$  を単調増加させ、緩やかな正則条件下での最大値を見つけた。

【0038】 補助関数  $Q(\theta, \theta_p)$  および  $H(\theta, \theta_p)$  は、唯一には特定されない。それらの選択は、アルゴリズムダイバージェンスレートに直接的に影響を与える、 $Q(\theta, \theta_p)$  の最大値を見つけたことの単純さに基づく。この補助関数は、たとえば次式により見いだされる。

【数14】

$$\log j(x, \theta) = \log q(z, \theta) - \log p(z, \theta)$$

【0039】 ここで、 $z = (s, x)$  は増加させられた変数であり、 $p(z, \theta)$  はその確率密度であり、 $q(z, \theta) = p(z, \theta) j(t, \theta)$  である。そして、補助関数は、次式で構成される。

【数15】

※DEMアルゴリズムから得られる。

【数16】

$$y(t) = \sum_{k=1}^N \delta(t-x_k) / N$$

ここで、 $\delta(t-x_k)$  は、ディラック三角関数であり、これは数学物理及び応用数学において知られている。

【0042】 DEMアルゴリズムがたとえばバーコード読み取り方法およびシステムにおいて使用される場合、補助関数  $Q(\theta, \theta_p)$  は、たとえば次式で表される。

【数17】

★り、当業者にとって関数  $Q(\theta, \theta_p)$  の最大値を見つけたことは難しくない。この結果は、次式のEMアルゴリズム（すなわち、新規なDEMアルゴリズムの線形バージョン）である。

【数19】

50  $(t, \theta_p)$  である。この特別なアルゴリズムは、一般

線形逆問題（すなわち、バーコード符号および他の符号データの復元に関係しない問題）を解くために、VardiおよびLeeによって紹介された。たとえば、Y. VardiおよびD. Lee, "From image deblurring to optimal investments: maximum likelihood solutions for positive linear inverse problems," Journ. Royal Statist. Soc., Vol. 55, 1993, pp. 569-612を参照のこと。

【0045】図4は、約100回の繰り返しの後に、既知の点分布値 $\sigma$ を使用して、線形逆問題を解くVardiおよびLeeのEMアルゴリズムの適用の結果を示す。図示されているように、測定または受信されたデータ信号 $y(t)$  32（実線）の遷移は、それに適合されたスキナモデル信号34（点線）により適度によくモデル化されている。また、スキナモデル信号34は、ぼけを除かれた測定信号がどうなるのかを示し、それからの特定の符号文字を復号化するその後の処理により有用な部分的に方形のパルス列を出力する。

【0046】しかし、VardiおよびLeeの線形バージョンのアルゴリズムは、非線形逆問題に対する有用な解を提供しない。すなわち、VardiおよびLeeのアルゴリズムは、点分布値 $\sigma$ が既知でない場合、有用ではなく、前述したように、ランダムに変化するバーコードラベル中のバーからのスキナ距離に依存するので、点分布値 $\sigma$ は通常既知ではない。

【0047】点分布値 $\sigma$ が既知でない場合、問題は非線\*

$$a_{k,p+1} = \frac{1}{T} \int_{t_k - 0.5T}^{t_k + 0.5T} s_p(x) dx$$

$$\sigma_{p+1}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \int_X (t-x)^2 w(t, x, \theta_p) dt dx$$

$$\{t_{1,p+1}, T_{p+1}\} = \arg \max \sum_{k=1}^n \log \left\{ \frac{a_{k,p+1}}{T} \right\} \int_{t_k - 0.5T}^{t_k + 0.5T} w(t, x, \theta_p) dt dx$$

【0050】典型的に、 $t_{1,p+1}$ および $T_{p+1}$ は、これらの式から決定することは困難である。しかし、近似

【数21】

$$u(t - t_k, T, \sigma) = \phi(t - t_k, \sigma)$$

および関係 $t_k = t_1 + (k-1)T$ を使用することにより、新規なDEMアルゴリズムが、関数 $Q(0, 0_p)$ を最大化することにより得られる。ここで、パラメータ $a_1, a_2, \dots, a_n, \sigma, t_1$ および $T$ は、以下のように定義される。

【数22】

\*形となり、 $s(x)$ に対する固有の解は通常得ることができない。しかし、データキャラクタモデル、たとえば $j(t, 0)$ を使用することで、本発明は、DEMアルゴリズムをしようしてデータキャラクタモデルを収集されたデータに適合させ、データキャラクタモデルのパラメータ値に基づいてデータを決定することにより、すなわち $s(x)$ について解くことにより、非線形逆問題についての特有の解を得る。

【0048】従って、バーコードラベルデータおよび他の符号データの復号化のような適用例に対して、スキャンされた信号モデル $j(t, 0)$ を使用することは、収集されたデータに対して特有の解が得られることを可能にする。点分布値 $\sigma$ が未知のままであり、かつ逆問題が非線形のままであるにもかかわらず、データキャラクタモデルを表現するために必要なパラメータの数は、データキャラクタモデルがそれに適合される場合に、特有の解が収集されたデータに対して得ることができるように、十分に制限される。

【0049】したがって、EMアルゴリズムよりも一般的な形式のDEMアルゴリズムは、非線形逆問題を解くために有用である。具体的には、DEMアルゴリズムは、関数 $Q(0, 0_p)$ を最大化することにより得られる。ここで、パラメータ $a, \sigma, t$ および $T$ は次式のように定義される。

【数20】

$$a_{k,p+1} = a_{k,p} v_{k,p}$$

$$\sigma_{p+1}^2 = \sum_{k=1}^n a_{k,p+1} \sigma_{k,p+1}^2$$

$$t_{1,p+1} = (MB_p - M_{1,p} A_p) / (B_p - A_p^2)$$

$$T_{p+1} = (M_{1,p} - A_p M) / (B_p - A_p^2)$$

【0051】ここで、

【数23】

17

$$A_p = \sum_{k=2}^n (k-1)a_{k,p+1}, B_p = \sum_{k=2}^n (k-1)a_{k,p+1},$$

$$M = \int_{-\infty}^{\infty} t y(t) dt, M_{1,p} = \sum_{k=2}^n (k-1)a_{k,p+1} t_{k,p+1}$$

$$v_{i,p} = \int_{-\infty}^{\infty} y(x) \phi(x - t_{i,p}, \sigma_{i,p}) / j(x; \theta_p) dx,$$

$$\sigma_{i,p+1}^2 = \frac{1}{v_{i,p}} \int_{-\infty}^{\infty} (x - t_{p,i})^2 y(x) \phi(x - t_{i,p}, \sigma_{i,p}) / j(x; \theta_p) dx$$

【0052】本発明の他の一実施形態において、ここに説明されるようにバーコード復元方法およびシステムの一部としてDEMアルゴリズムを使用することは、典型的にいくつかの通常のバーコード復元方法において単独で使用される通常の零交差決定の使用により補足される。具体的には、通常の零交差技術は、パラメータ  $\theta_0 = \{t_{1,0}, T_0, \sigma_0, a_{1,0}, a_{2,0}, \dots, a_{n,0}\}$  の初期値（すなわち、 $p=0$  に対して）を決定するために使用される。

【0053】これらのパラメータ値がスキャンされた信号モデル  $j(t, \theta)$  を受信したデータ信号  $y(t)$  に適合させるために適している場合（スキャンされた信号モデルから復元されたバーコードが適切なバーコードであると決定された場合）、さらなる信号処理は必要ではない。その他の場合、初期零交差パラメータパラメータ  $\theta_0 = \{t_{1,0}, T_0, \sigma_0, a_{1,0}, a_{2,0}, \dots, a_{n,0}\}$  がDEMアルゴリズムに対する初期パラメータ推定値としてのみ使用される。

【0054】たとえば、図5は、通常の零交差技術により決定されるパラメータ値を使用した対応するスキャナ信号モデル適合信号44との比較において、受信データ信号  $y(t)$  42を示す。この特定の場合において、スキャナ信号モデル適合信号44に基づいて復元されたバーコードは、図示されているように、不適切であるとみなされることになる。

【0055】比較のために、図6は、DEMアルゴリズムを使用した復元データ信号  $y(t)$  52に対するスキャナ信号モデル適合信号54（40回の繰り返しの後）を示す。また、図7に示されているように、零交差パラメータ  $\theta_0 = \{t_{1,0}, T_0, \sigma_0, a_{1,0}, a_{2,0}, \dots, a_{n,0}\}$  がDEMアルゴリズムに対する初期パラメータ推定値として使用される場合、スキャナ信号モデル適合信号64は、たった11回の繰り返しの後に受信データ信号  $y(t)$  62を十分にモデル化する。そのような場合、スキャナ信号モデル  $j(t, \theta)$  を受信したデータ信号  $y(t)$  に適合させることにおけるDEMアルゴリズムの使用は、零交差技術により決定されるパラメ

18

ータがDEMアルゴリズムに対する初期パラメータ推定値として使用される場合、精度および必要とされる反復回数の両方について改善される。

【0056】DEMアルゴリズムは、ここに具体的に説明しないが、当業者にとって明らかな多くの適用例を有すると理解されなければならない。たとえば、DEMアルゴリズムは、音声認識および手書き認識において使用される見えないマルコフモデルの状態数の最小化、自然言語モデルの構造の最適化、および通信チャネルブライ

ンド等化において有用である。

【0057】したがって、事後演算活動は、多様なタイプとなりうるが、対応する従来技術による活動と概ね類似することになる。たとえば、情報の表示（たとえば、バーコードラベルを有するアイテムの価格）または物理的システムの状態変化（たとえば、セキュリティゲートを開けること）を含む。

【0058】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、歪みを改善したバーコードデータまたは他の符号データ（たとえば、スキャンされたイメージデータおよび光文字認識データ）のようなデータを読み取るためのシステムおよび方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態によるデータラベル読み取り方法を示すフローチャート。

【図2a】本発明の一実施形態によるバーコード読み取りシステムを示すブロック図。

【図2b】図2aのバーコード読み取りシステムからのパルス列出力を示す図。

【図3】バーコードラベルの一部に関連するバーコードスキャナ光の詳細を示す図。

【図4】測定データ信号  $y(t)$  および通常の復号化技術を使用してこれに適合されたスキャン信号モデル  $j(t, \theta)$  を示す図。

【図5】測定データ信号  $y(t)$  および通常の零交差処理技術を使用してこれに適合されたスキャン信号モデル  $j(t, \theta)$  を示す図。

19

20

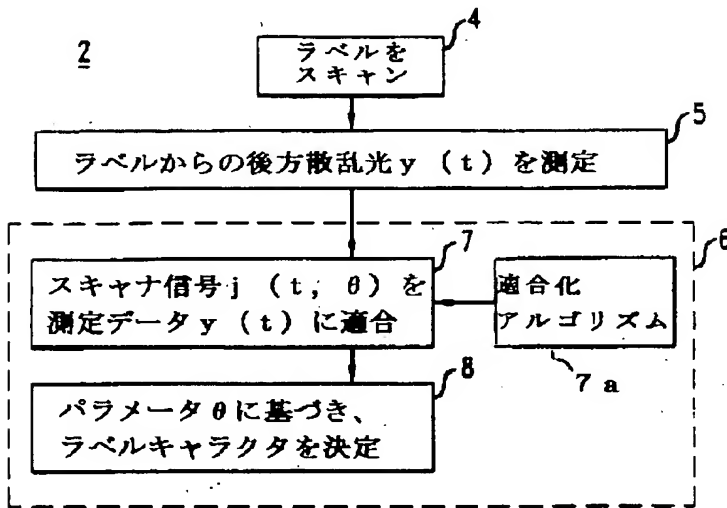
【図6】測定データ信号  $y(t)$  および本発明の一実施形態によりこれに適合されたスキャン信号モデル  $j(t, \theta)$  を示す図。

【図7】測定データ信号  $y(t)$  および本発明の他の一実施形態によりこれに適合されたスキャン信号モデル  $j(t, \theta)$  を示す図。

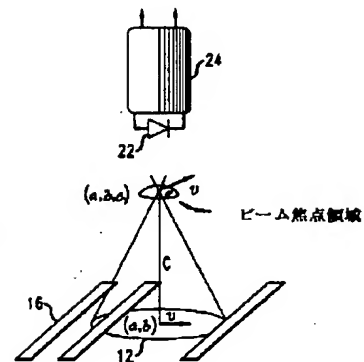
【符号の説明】

10 データ読み取りシステム  
12 輝点  
16 ラベル  
22 光検出器  
24 受信器  
26 方形パルス列

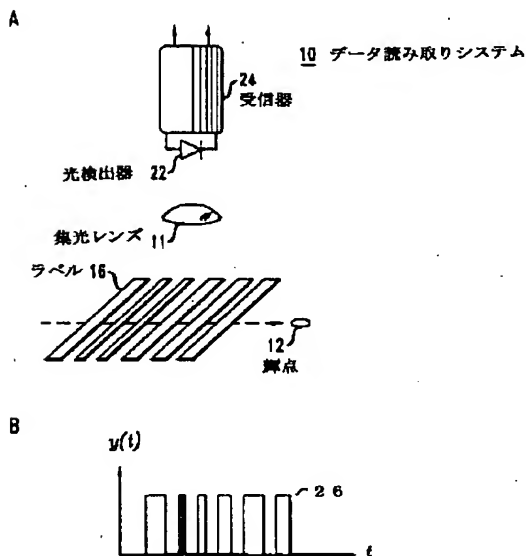
【図1】



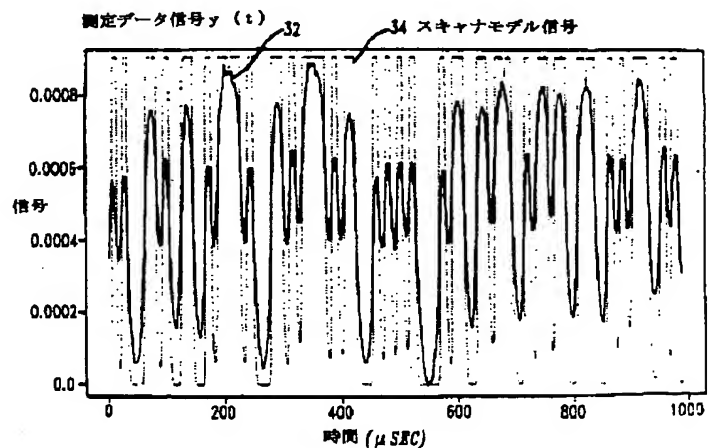
【図3】



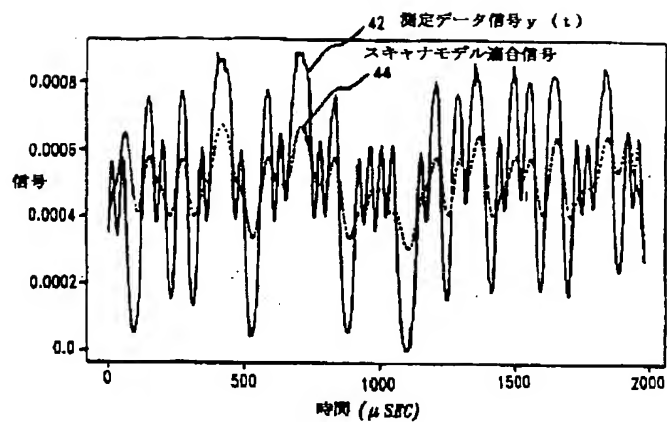
【図2】



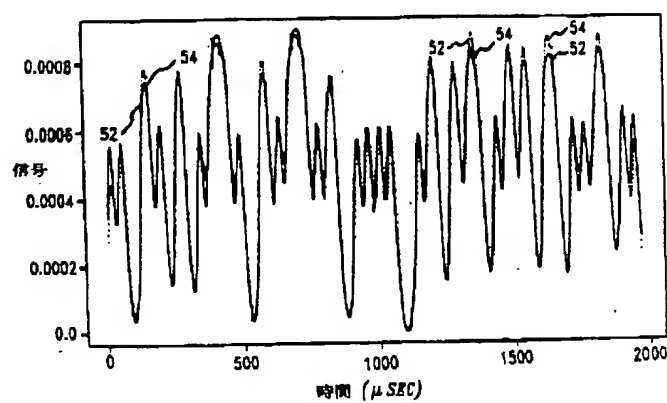
【図4】



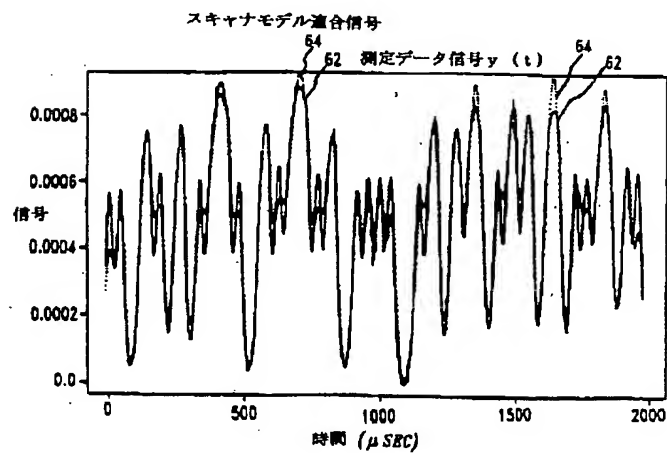
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(71)出願人 596077259

600 Mountain Avenue,  
Murray Hill, New Je  
rsey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者

ウィリアム ターイン

アメリカ合衆国, 08816 ニュージャージ  
ー, イースト ブランズウィック, ヒルウ  
ッド ロード 25